

Teemu Aronen

Niemenmäen kalliosuojan jäähdytyksen peruskorjaus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari, LVI (AMK)

Rakennusalan työjohto

Opinnäytetyö

15.1.2015

Tekijä Otsikko	Teemu Aronen Niemenmäen kalliosuojan jäähdytyksen peruskorjaus
Sivumäärä Aika	28 sivua + 1 liitettä 15.1.2015
Tutkinto	rakennusmestari, LVI (AMK)
Koulutusohjelma	rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tekniikan työnjohto
Ohjaajat	lehtori Erkki-Olavi Sainio työpäällikkö Jyri Valkama
<p>Opinnäytetyössä selvitetään väestösuojatyömaan suunnitteluun ja toteutukseen vaikuttavaa lainsäädäntöä ja määräyksiä sekä niiden erityispiirteitä. Työssä keskitytään näihin seikkoihin Niemenmäen kalliosuojan jäähdytyksen peruskorjaustyömaan kautta. Opinnäytetyön on tilannut STARA Helsingin kaupunki, ja sitä voidaan käyttää väestösuojatyömaiden suunnittelussa.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena on olla hyödyksi väestösuojatyömaiden LVI-töiden suunnittelussa ja toteutuksessa.</p> <p>Työssä kerron väestösuojien rakentamiseen ja kunnostamiseen sekä väestösuojien teknisiin laitteisiin vaikuttavasta lainsäädännöstä ja määräyksistä. Käsittelen väestösuojatyömaan läpi saattamista Niemenmäen kalliosuojatyömaan kautta, jossa paneudun asennettuihin jäähdytysjärjestelmiin. Toisena pääpainotuksena työssäni on yhteistoiminta työmaan muiden toimijoiden ja tilaajan kanssa. Väestösuojia koskevien erityisvaatimusten selvittämisen kautta on vastaavanlaisiin työkohteisiin valmistautuminen ja niissä toimiminen sujuvampaa.</p> <p>Materiaalina työssä toimivat väestösuojia koskeva lainsäädäntö, Niemenmäen kalliosuojaa koskevat työselvitykset LVI- ja rakennustöistä sekä omat kokemukseni kohteessa toimimisesta.</p>	
Avainsanat	väestösuoja, lainsäädäntö, jäähdytys

Author Title	Teemu Aronen The renovation of the cooling system of Niemenmäki air-raid shelter
Number of Pages Date	28 pages + 1 appendices 15 January 2015
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	HVAC Engineering
Instructors	Project Manager Jyri Valkama Lecturer Erkki-Olavi Sainio
<p>The purpose of the final year project was to examine the legislation and regulations that affect the planning and executing of an air-raid shelter worksite. The project addresses these questions through the renovation of Niemenmäki air-raid shelters cooling system. This final year project was ordered by STARA which is a service provider for the city of Helsinki.</p> <p>The aim of the project was to get useful knowledge of HVAC construction and renovation in air-raid shelters.</p> <p>In this project is examined how the legislation and regulations affect the equipment installed in an air-raid shelter and distinct characteristic of construction and renovation. Through the Niemenmäki worksite is focused on the cooling system installation and operation. This project also focuses to the collaboration of different contractors in the worksite. Knowledge of the specific characteristic of an air-raid shelter makes preparing for respective construction projects more fluent.</p> <p>The material examined and made use of in this project was legislation and regulations concerning air-raid shelters and the documents about Niemenmäki cooling systems renovation and construction and also my own experiences working in this renovation project as a HVAC foreman. The final year project can be applied in air-raid shelter worksites in the future.</p>	
Keywords	legislation, air-raid shelter, cooling

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Opinnäytetyön taustaa	1
1.2	Opinnäytetyön tavoitteet	2
2	Väestönsuojia koskeva lainsäädäntö	2
2.1	Rakentamis- ja kunnostamisvelvollisuus	2
2.2	Pelastustoimen laitteet	3
2.2.1	Olosuhteet	3
2.2.2	Tärähdyskuormitus	4
2.2.3	Paineventtiilit	4
2.2.4	Konehuoneet	5
2.2.5	Ilmanvaihto	6
2.2.6	Kunnossapito	6
3	Niemenmäen väestönsuojan jäähdytysjärjestelmä	6
3.1	Jäähdytysjärjestelmän osat	6
3.2	Suojatilojen ja varavoimakonehuoneen jäähdytys	7
3.3	Varavoimakoneen jäähdytys	7
3.4	Nestejäähdytyspatterit ja puhaltimet	8
4	Jäähdytysjärjestelmän toiminta väestönsuojan ollessa varavoimakoneen varassa	9
5	Vedenjäähdytyskoneen toiminta	11
6	Vedenjäähdytyskoneen ohjaus	13
6.1	Ohjauksen ominaisuudet	13
6.2	Hälytykset	14
6.3	Huoltotoiminnot	14
6.4	Kylmäainevuodon valvonta	14
7	Lakien ja määräysten vaikutus väestönsuojatyömaalla	15

7.1	Tiedonantovelvollisuus	15
7.2	Työturvallisuus	15
7.3	Rakentamis- ja kunnostamisvelvollisuus	16
7.4	Valtioneuvoston asetus väestönsuojan laitteista ja varusteista	16
7.5	Rakennustyön vaatimukset	17
8	Rakennusvaiheiden yhteensovittaminen työmaalla	17
8.1	Lähtökohta	17
8.2	Aikataulu	17
8.3	Työvaiheet	18
8.3.1	Työvaiheiden jako	18
8.3.2	Purkutyöt	18
8.3.3	Valutyöt	19
8.3.4	Jäähdytys- ja nesteenjäähdytysverkoston asennus	20
8.3.5	Vedenjäähdytyskoneen asennus	20
8.3.6	Nesteenjäähdytyskammion asennustyöt	22
9	Jäähdytysjärjestelmän koekäyttö	22
10	Mittaus ja säätö	23
10.1	Virtaamien säätö	23
10.2	Paine- ja tiiveyskokeet	23
11	Suunnitelma väestönsuojatyömaalle	23
11.1	Aikataulutus ja työvaiheiden yhteensovittaminen	23
11.2	Suunnitelmat	24
11.3	Laitehankinnat	25
11.4	Tiedonkulku urakoitsijoiden välillä	25
12	Yhteenveto	26
12.1	Opinnäytetyön kulku	26
12.2	Niemenmäen työmaan loppuselvitys	26
	Lähteet	28
	Liitteet	
	1. Väestönsuojaprojektin muistilista	

Lyhenteet

Ns	Newtonsekunti
HCFC	Halogenoituhiilivety
VJK	Vedenjäähdytyskone

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön taustaa

STARA Konepaja, Talotekniikka

STARA on Helsingin kaupungin omistama palvelutuottaja. Itsenäisenä virastona se on toiminut vuodesta 2009 lähtien. Henkilöstöä STARAlla on noin 1600. Toiminnan perusta on rakennuskonttorissa, joka perustettiin vuonna 1878 huolehtimaan Helsingin kiinteistöistä ja ympäristöstä. Nykyään suurimpia asiakkaita ovat Helsingin kaupungin virastot ja laitokset. (9.)

STARA Konepajan yksikkö toimii Rakennustekniikan alaisuudessa. Konepajaan kuuluu Talotekniikkayksikön lisäksi puu-, metalli- sekä logistiikkayksikkö. STARA Talotekniikkayksikkö tarjoaa palveluita LVIS-töissä. Suoritamme vaihtelevia työkohteita hanan korjauksista aina laajojen projektien johtamiseen ja suunnitteluun. Talotekniikkayksikkö on vastikään perustettu, aikaisemmin LVI- ja sähköyksikkö toimivat erillisinä. Suurin osa töistämme on korjausrakentamista, yleisimpiä kohteita Helsingin koulut ja päiväkodit. Osastollamme on yhteensä 37 työntekijää, joiden lisäksi käytämme aliurakoitsijoita tarpeen mukaan. Suurimpia asiakkaita ovat Helsingin kaupungin virastot ja liikelaitokset, kuten Tilakeskus, muut STARAn rakennusyksiköt ja Palmia.

Helsingin kaupungin pelastuslaitos

Niemenmäen kalliosuojan peruskorjauksen rakennuttajana toimi Helsingin kaupungin pelastuslaitos ja sen tekninen yksikkö. Pelastuslaitos vastaa Helsingin pelastustoimen poikkeusolojen riskianalyysin ylläpitämisestä ja kehittämisestä sekä poikkeusolojen valmiussuunnittelusta sekä väestönsuojeluvalmiuden suunnittelusta ja kehittämisestä. Lisäksi pelastuslaitos koordinoi Helsingin kaupungin väestönsuojeluun varautumista. (8.)

1.2 Opinnäytetyön tavoitteet

Niemenmäen kalliosuoja on valmistunut vuonna 1964, silloisten kalliosuojaohjeiden mukaan. Kalliosuoja on rakennettu ympäröivien talojen asukkaille, joilla ei ole omassa talossaan väestönsuojia. Kalliosuojan kokonaiskerrosala on 2 915 m² ja se on suunniteltu 2 300 ihmisen suojaamiseksi. (14, s. 5.)

Kalliosuojan jäähdytysjärjestelmän peruskorjaukseen ryhdyttiin, kun alkuperäisessä jäähdytysjärjestelmässä käytetyn kylmäaineen, freoni (HCFC 22), käyttö kiellettiin 1.1.2010 lähtien. Jäähdytysjärjestelmästä tyhjennettiin kylmäaineet, minkä jälkeen kalliosuoja ei enää ollut käyttökunnossa. Uudelleen käyttökuntoon saattamiseksi kalliosuojaan suunniteltiin uusi jäähdytysjärjestelmä, joka vastaa nykyisiä määräyksiä. (6.)

Opinnäytetyössä tarkastellaan väestönsuojia koskevaa lainsäädäntöä ja määräyksiä ja niiden erityispiirteitä sekä sitä miten ne vaikuttivat LVI-töiden suunnitteluun ja suorittamiseen kohteessa. Opinnäytetyössä käsitellään peruskorjaukseen liittyviä huomattavia rakennustöitä ja niiden yhteensovittamista ja aikataulutusta LVI-töiden kanssa. Lisäksi Niemenmäen kalliosuojan työmaan kulusta ja onnistumisesta tehdään loppuselvitys, josta on tarkoitus olla hyötyä STARA Talotekniikkayksikölle vastaavanlaisissa työkohteissa tulevaisuudessa.

2 Väestönsuojia koskeva lainsäädäntö

2.1 Rakentamis- ja kunnostamisvelvollisuus

Väestönsuojien rakentamisesta määrää pelastuslaki (379/2011). Lain tavoitteena on parantaa ihmisten turvallisuutta ja, sitä että onnettomuuden uhatessa tai tapahduttua ihmiset pelastetaan ja onnettomuuden seurauksia rajoitetaan tehokkaasti. (1, §1.)

Pelastuslaki velvoittaa rakennuksen omistajan rakennuttamaan väestönsuojan, joka suuruudeltaan voidaan arvioida riittävän rakennuksessa asuvia, pysyvästi työskenteleviä tai muutoin oleskelevia henkilöitä varten (1, §71). Pelastuslain 72 § velvoittaa raken-

nuksen rakentamiseen verrattavissa olevissa korjaus- tai muutostöissä tai käyttötarkoituksen muutoksissa, myös väestönsuoja on kunnostettava siten, että se täyttää soveltuvien osin 74 §:ssä ja sen nojalla säädetyt väestönsuojan teknisiä yksityiskohtia koskevat vaatimukset. Pykälä antaa määräyksiä koskien väestönsuojan lämpötilaa, ilmanlaatua ja hygieniaa.

2.2 Pelastustoimen laitteet

Väestönsuojan rakentamisessa ja varustamisessa käytettäville laitteille ja tuotteille asetettavista vaatimuksista, laitteisiin tehtävistä merkinnöistä sekä laitteiden mukana toimitettavista tiedoista ja ohjeista säädetään pelastustoimen laitteista annetussa laissa (10/2007). Tärkeimpinä arvoina laissa pidetään käyttövarmuutta ja sopivuutta käyttötarkoitukseensa. (7, §1.)

Pelastuslain (379/2011) nojalla sisäministeriön asetus (506/2011) antaa tarkemman ohjeistuksen väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja laitteiden kunnossapidosta. Asetus määrää esimerkiksi, että kallioväestönsuojan suojatilaan rajoittuvien jäähdyttävien pintojen laskennallisen alan tulee olla vähintään 2,4 neliometriä henkilöä kohti. (3, §16.)

Valtioneuvoston asetus (409/2011) antaa lisämääräyksiä väestönsuojoihin asennettavista laitteista ja tuotteista sekä niiden ominaisuuksista, toiminnasta ja käyttötavasta. Lisäksi asetus määrää laitteiden käyttö-, huolto- ja asennusohjeista sekä laitemerkinnöistä. Asetuksessa käsitellään laitteille asetettuja vaatimuksia, kuten kestävyyttä erilaisissa olosuhteissa. (2.)

2.2.1 Olosuhteet

Asennettavien laitteiden tulee toimia sijoituspaikan lämpötilan vaihdellessa välillä - 20 °C ja + 40 °C. Väestönsuojan ollessa toiminnassa, eli kriisin aikana, laitteiden kuuluu toimia normaalisti 0 °C ja +40 °C välillä. Laitteiden ja asennusten tulee kestää ympäristön ilmastorasitusta luokkien C1, C2 ja C3 välillä, riippuen asennuspaikasta. C1-luokkaan kuuluvat kuivat sisätilat, hyvin lievä rasitus. C2-luokassa määrityksenä on lievä rasitus,

kuten lämmittämättömät sisätilat ja kuiva ulkoilma. C3-luokassa rasitus on kohtalainen, kuten kaupunki-ilmaston tai tuotantotiloissa joissa on korkea kosteuspitoisuus. (2, §4.)

2.2.2 Tärähdyskuormitus

Eräiden väestönsuojan laitteiden, esimerkiksi tärähdyn vaimentimien tai tuloilmaventtiilien, täytyy kestää tärähdys jonka maksimiheilahdusnopeus on 1,5 m/s mielivaltaiseen suuntaan ja siirtymä 25 mm sekä maksimikiiktyvyys 300 m/s² (2, §30). Tällä määräyksellä halutaan taata, että väestönsuojan laitteet säilyvät toimintakykyisinä kriisin aikana esimerkiksi pommituksen seurauksena.

2.2.3 Paineventtiilit

Paineventtiilien luokat on määritelty seuraavasti:

S1-luokan ylipaineventtiili

- läpi saa päästä enintään 10 Ns paineisku, kun heijastepainehuippu on 10-40 kPa ylipainetta
- paineisku saa olla enintään 4 Ns, kun heijastepainehuippu on 40-300 kPa ylipainetta
- vuotovirtaus saa olla enintään 15 cm³/s, kun ylipaine on 150 Pa, ja 10 dm³/s kun ylipaine on 300 kPa (2.)

S2-luokan ja kalliosuojan paineventtiili

- paineventtiilin läpi pääsevä ylipaineimpulssi on enintään 300 Ns, kun heijastepainehuippu on 10-80 kPa ylipainetta, venttiilin nimellisvirran jokaista 1 m³/s kohti (kuva 1)
- ylipaineimpulssi on enintään 150 Ns, kun heijastepainehuippu 80-600 kPa

- vuotovirtaus on maksimissaan 20 prosenttia suurempi kuin venttiilin nimellisvirtaus, kun heijastepainehuippu on 600 kPa (2, §16 - §17.)



Kuva 1. Paineventtiilejä nesteenjäähdytyspatterikammiossa.

2.2.4 Konehuoneet

Tekniset tilat ja konehuoneet on erotettava suojan muista tiloista vähintään kevyillä väliseinillä. Konehuoneen läheisyyteen on myös varattava vähintään 7 m² lattiapintaa valvomoa varten. (3, §6.)

2.2.5 Ilmanvaihto

Ilmanvaihtolaitteiston on toimittava ilman verkkovirtaa, eli varavoimakoneen voimalla. Esisuodatettua ilmaa on saatava väestönsuojaan vähintään 2,7 dm³/s jokaista suojatilan neliometriä kohti. Ilmansuodatuksen ollessa käytössä ilmaa on saatava vähintään 0,9 dm³/s. Ylipainetta väestönsuojassa tulee olla mahdollista saada vähintään 50 pascalia. Ylipaineella estetään myrkyllisten kaasujen pääsy suojatiloihin. (3, §15.)

S1-luokan väestönsuojiiin on oltava valmius asentaa myrkyllisten aineiden toteamista ja tunnistamista varten laitteisto. S2-luokan ja kallioväestönsuojiiin otettavasta tuloilmasta on voitava todeta ja tunnistaa myrkylliset aineet. Raitisilmakanavan ja poistoilma-aukon välillä tulee olla vähintään kymmenen metrin etäisyydellä toisistaan. (3, §15.)

2.2.6 Kunnossapito

Jotta väestönsuojaan asennetut laitteet säilyvät toimintakuntoisina pitää ne tarkastaa ja huoltaa vähintään kymmenen vuoden välein, tarkastuksista pidetään pöytäkirjaa (3, §20).

3 Niemenmäen väestönsuojan jäähdytysjärjestelmä

3.1 Jäähdytysjärjestelmän osat

Tässä osiossa käydään läpi opinnäytetyön kohteena olevan Niemenmäen kalliosuojan jäähdytysjärjestelmää ja siihen liittyviä laitteita. Jäähdytysjärjestelmä voidaan jakaa kahden erilliseen osaan. Ensimmäisen jäähdytysjärjestelmän tehtävänä on jäähdyttää suojatiloja ja varavoimakonehuonetta. Toisen jäähdytysjärjestelmän tehtävänä on itse varavoimakoneen vaipan jäähdytys. Molemmilla jäähdytysjärjestelmillä on omat lauhdutuspiirinsä, ja ne toimivat erillisinä kokonaisuuksina.

3.2 Suojatilojen ja varavoimakonehuoneen jäähdytys

Suojatiloihin sijoitettiin seitsemän jäähdytyksen pääteyksikköä ja varavoimakonehuoneeseen yksi yksikkö huolehtimaan tilan jäähdytyksestä. Pääteyksikköinä toimivat REF-TECO:n kattoon asennetut jäähdyttimet. Suojahuonetilojen seitsemän yksikköä ovat teholtaan 8,8 kilowattia ja varavoimakonehuoneessa yksi yksikkö, teholtaan 28,8 kilowattia. Pääteyksiköissä olevat puhaltimet työntävät laitteen läpi ilmaa, laitteessa kiertävä vesi jäähdyttää huonetilaan puhallettavan ilman. Pääteyksiköihin asennettiin kondenssivesialtaat keräämään kondensoituva neste. Jäähdytysputkistossa virtaava vesi jäähdytetään vedenjäähdytyskoneella, joka sijaitsee erillisessä vedenjäähdytyskonehuoneessa.

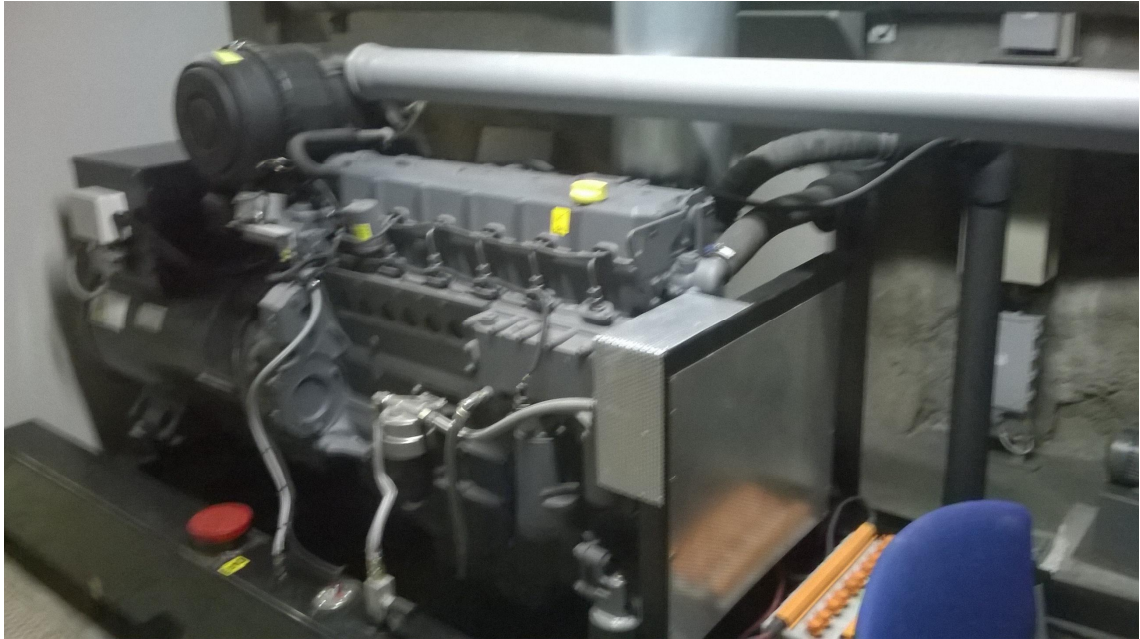
Vedenjäähdytyskoneelta tuleva jäähdytysverkosto jakaantuu kahteen linjaan, joista toinen menee suojatilassa oleville jäähdytyksen pääteyksiköille ja toinen varavoimakonehuoneessa olevalle pääteyksikölle. Varavoimakonehuoneeseen asennettiin oma pääteyksikkönsä, sillä tilassa on suuri lämpökuormitus varavoimakoneen ja sähkökeskuksen takia.

Vedenjäähdytyskoneessa on sisäänrakennettuna pumppu, joka alkaa kierrättää nestettä lauhteenjäähdytysverkostossa jäähdytystarpeen mukaan. Lauhteenjäähdytysverkostossa kiertävä neste on etyleeniglykolia. Lauhdutusneste kiertää vedenjäähdytyskoneelta nestejäähdyttimelle jäähtymään.

3.3 Varavoimakoneen jäähdytys

Varavoimakoneen vaipan jäähdytyksellä on raitisilmatunnelissa oma nestejäähdytyspatterinsa, josta etyleeniglykoli virtaa putkistoa pitkin varavoimakonehuoneessa sijaitsevalle lämmönsiirtimelle. Lämmönsiirtimellä jäähtynyt vesi kiertää omassa piirissään ja jäähdyttää varavoimakoneen vaippaa. Lämmönsiirtimelle tulevaa jäähdytysnestevirtaa ohjaa automatiikkaan liitetty moottoriventtiili, joka avautuu, kun varavoimakoneen vaipassa kiertävän veden lämpötila kasvaa. Automatiikan ohjaama moottoriventtiili pitää varavoimakoneelta palaavan veden asetusarvossa 90 °C. Moottoriventtiili on lähtökohtaisesti kiinni, eikä päästä jäähdytysnestettä nestejäähdytyspatterilta lämmönsiirtimelle asti, tämä estää liian kylmän jäähdytysnesteen pääsyn lämmönsiirtimelle. Varavoimakone

(kuva 2) on polttoainekäyttöinen, ja sen jäähdytysjärjestelmä vastaakin pitkälti auton moottorin jäähdytystä.



Kuva 2. Varavoimakone

3.4 Nestejäähdytyspatterit ja puhaltimet

Nesteenjäähdytyspatterit (kuva 3) sijaitsevat raitisilmatunnelissa, johon niitä varten rakennettiin erillinen nestejäähdytyskammio. Nestejäähdytyspattereiksi valittiin Ekocoil Oy:n valmistamat lamellipatterit (taulukko 1). Raitisilmatunnelista nestejäähdytyskammi-oon ilma kulkee paineventtiilien läpi, ne on suunniteltu kestämaan paineiskuja. Nestejäähdytyspattereiden lävitse puhalletaan ulkoilmaa puhaltimilla, joita on asennettu kaksi sarjaan. Puhaltimet ovat Fläktwoods sin valmistamat, niiden lävitse kulkee ilmaa 12,3 m³/s. Nestejäähdytyspattereissa lämmennyt ilma johdetaan poistoilmakanavaan ja siitä poistoilmakuilun kautta maan päälle.

Taulukko 1. Nestejäähdytyspatterit

Patteri	pituus	leveys	syvyys	paino
Ekocoil 108 kW	2200 mm	1800 mm	420 mm	424 kg
Ekocoil 80 kW	2200 mm	1800 mm	150 mm	74 kg



Kuva 3. Nesteenjäähdytyspatteri ja sarjassa olevat puhaltimet.

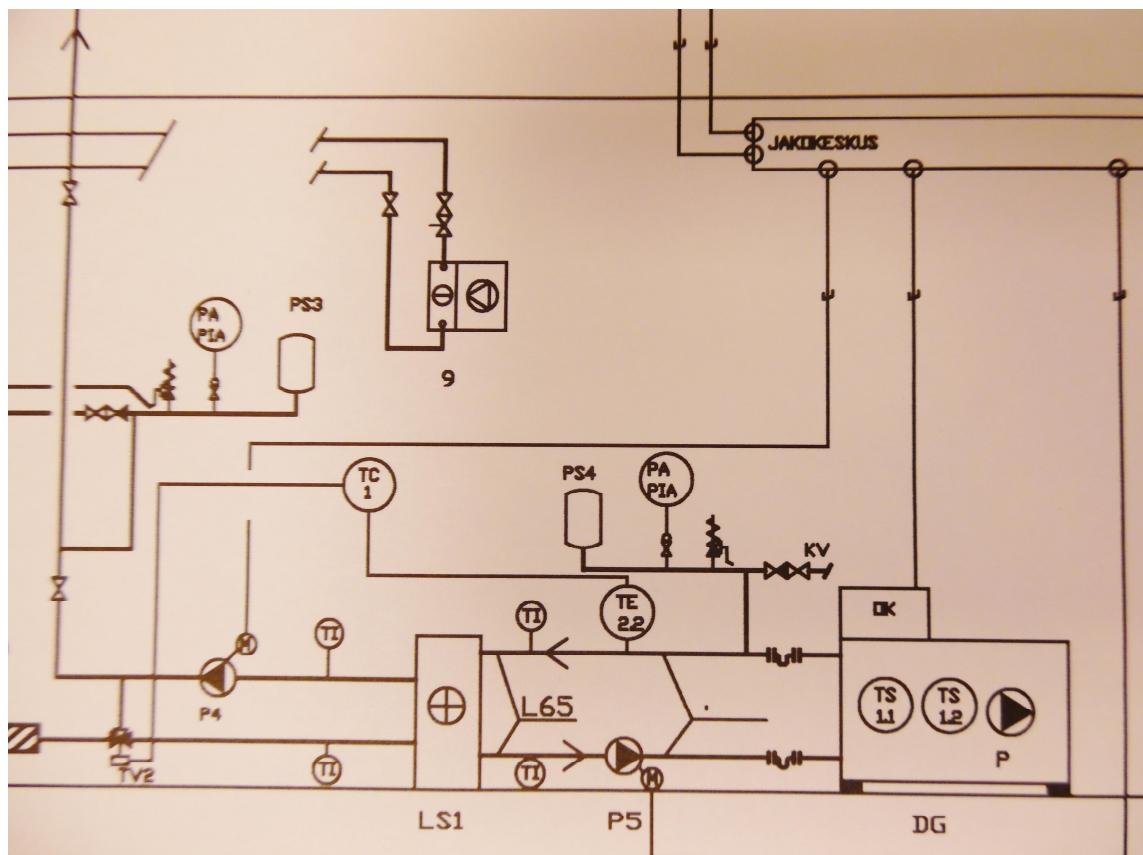
4 Jäähdytysjärjestelmän toiminta väestönsuojan ollessa varavoimakoneen varassa

Väestönsuojan jäähdytysjärjestelmä on suunniteltu käytöltään mahdollisimman yksinkertaiseksi. Periaatteessa kaikki laitteet käynnistetään käsikäytöllä. Järjestelmän toiminta on suunniteltu tilanteeseen, jossa valtakunnallinen sähköverkko on kaatunut tai

hetkellisesti häiriintynyt. Tilanteessa jossa sähkönjakelu on katkennut, käynnistetään varavoimakone ylläpitämään väestönsuojan laitteiden toimintaa (kuva 4).

Hätävalaistus ja ilmanvaihto väestönsuojassa toimivat akkujen voimalla, josta saadaan myös käynnistysvirta varavoimakoneelle. Seuraavaksi käynnistetään vaipan jäähdytyksen kiertopumppu P5 ja lauhdutuspiirin pumppu P4 sekä nestejäähdytyspuhallin LP1. Automatiikan ohjaus TC1 ohjaa varavoimakoneen vaipan jäähdytystä säätämällä moottoriventtiiliä TV2, niin että vaipan paluuveden lämpötila pysyy asetusarvossa 90 °C:a (kuva 4). Tämän jälkeen käynnistetään vedenjäähdytyskone ja jäähdytyksen sisäyksiköt, myös käsikäyttöisesti. (5.)

Koko järjestelmää ohjataan yksinkertaisilla on/off-kytkimillä. Suunnittelun tarkoituksena on ollut järjestelmän käytön tekeminen mahdollisimman helpoksi. Jopa niin, että laitteistoa ennestään tuntematonkin voi sitä käyttää. Yksinkertaistamalla järjestelmä pystytään minimoimaan riski epäkuntoon mahdollisesti menevien osien ja laitteiden osalta. Järjestelmän on kuitenkin säilyttävä toimintakuntoisena pitkiä aikoja, vaikka sitä harvoin käytettäisiin.

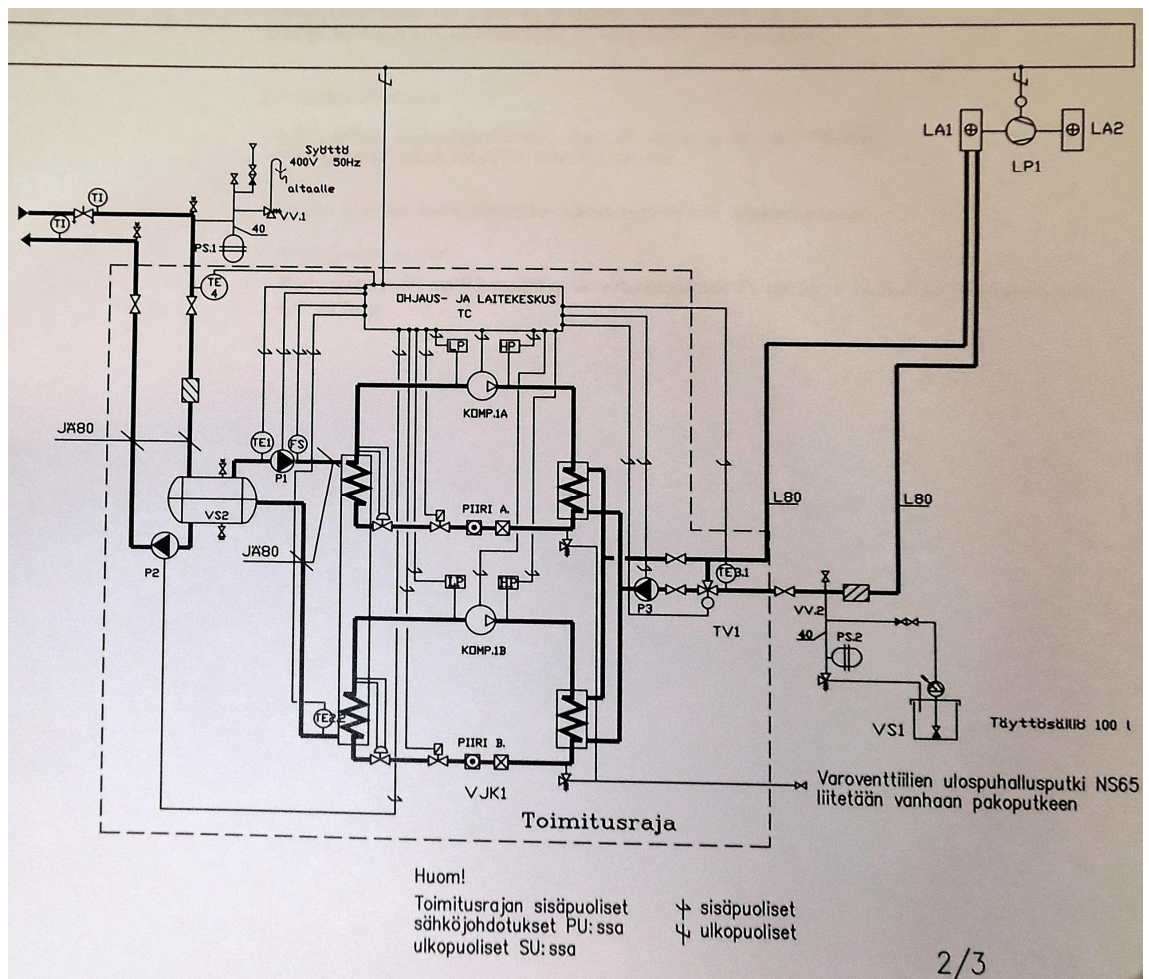


Kuva 4. Varavoimakoneen kytkentäkaavio

5 Vedenjäähdytyskoneen toiminta

Vedenjäähdytyskone (VJK) on Chiller Oy:n valmistama kaksipiirinen nestejäähdytteinen malli (kuva 5). Laitteessa on kaksi kompressoria ja molemmilla omat kylmäainepiirinsä. Kompressoreja käytetään saavuttamaan jäähdytyspiirille haluttu lämpötila. Ensimmäinen kompressorin saa käyntiluvan palaavan veden lämpötilan noustessa yli asetusarvon. Jos lämpötila pysyy yli asetusarvon yläpuolella ennalta ohjelmoidun aikarajan yli, käynnistyy toinen kompressorin.

Palaavan veden lämpötilan laskiessa pysähtyy ensin käyntiin lähtenyt kompressorin ensimmäisenä ja lämpötilan laskiessa asetusarvon alapuolelle toisena käyntiin lähtenyt kompressorin. Kuitenkin ennen kuin kumpikaan kompressorin käynnistyy, avaa säädin lauhdeverkoston venttiilin TV1 ja päästää lauhdenesteen kiertämään vedenjäähdytyskoneelle. Asetusarvona venttiili TV1 on kiinni, millä estetään liian kylmän glykolinesteen pääsy vedenjäähdytyskoneeseen. Laitteessa on jäätymissuoja, joka on aktiivinen aina, olipa laite päällä tai ei. Jäätymissuojan aktivoituessa se käynnistää latauspumpun. Laitteessa on kolme pumpppua, omat pumpput jäähdytys- ja lauhdutusverkostolle sekä latauspumpppu.



Kuva 5. VJK:n toimintakaavio

Taulukko 2. VJK:n toimintakaavion lyhenteet

Tunnus	Nimike	Asetusarvot
VJK	Vedenjäähdytinkojeisto	
LJ	Liuosjäähdytin	äänitaso 10 m päässä 55 dB(A)
P 1-3	Kiertopumppu	
TV1	Moottoriventtiili	
TE1	Anturi	VJK:lle palaava vesi
TE2	Anturi	VJK:lta lähtevä vesi
TE3	Anturi	nestejäähdyttimeltä palaava neste
FS	Virtauskytkin	
VS1	Täyttösäiliö	100 dm ³
PS1	Paisunta-astia, vesi	100 dm ³ , esipaine 100 kPa
VV1	Varoventtiili	avautumispaine 100 kPa, NS 40
VS 2	Varaajasäiliö	800 dm ³ , rakennepaine 6 Mpa
PS2	Paisunta-astia, glykoli	150 dm ³ , esipaine 100 kPa
VV2	Varoventtiili	avautumispaine 300 kPa, NS 40

6 Vedenjäähdytyskoneen ohjaus

6.1 Ohjauksen ominaisuudet

Vedenjäähdytyskoneen (taulukko 3) toimintaa ohjataan Chilltronic-säätimellä. Säädin seuraa mittaus- ja anturitietoja ja säättää laitteen toimintaa asetettujen parametrien mukaan. Vedenjäähdytyskonetta valmistettaessa asetetaan tehdasparametrit, jotka säätelevät laitteen perustoimintoja. Ne asetetaan asiakkaan tarpeiden mukaan. Chillerin vedenjäähdytyskoneen ohjaus mahdollistaa monipuoliset säädöt laitteelle vaihtuviin tilanteisiin. Niemenmäen kalliosuojan tapauksessa laitteiston ohjauksessa keskityttiin käytön helppouteen ja säätömahdollisuuksia rajoitettiin. Muutettavaksi parametriksi jäi lähtevän jäähdytysveden lämpötila, jolla pystytään säätämään jäähdytystehoa väestönsuojan tiloissa.

Taulukko 3. Vedenjäähdytyskoneen Chiller Chillquick CGIW 24-2 tekniset tiedot

Jäähdytysteho kW	85,3
Tehonsäätö %	0,50,100
Sähkölaji V-Ph-Hz	400-3-50
Liitäntäteho kW	33,1
Käyntivirta A	66,5
Piirit	2
Jäähdyke kg (R407C)	9
Vesivaraaja dm ³	400

6.2 Hälytykset

Vedenjäähdytyskoneessa (kuva 5) on useita sitä suojaamaan asetettuja arvoja, jotka ylittyessään tai alittuessaan aiheuttavat hälytyksen ja pysäyttävät laitteen toiminnan.

- Lämpösuojakytkimen antaessa hälytyksen verkostopumput P1, P2 ja P3 menettävät käyntiluvan.
- Virtauskytkin FS havaitsee, ettei virtausta ole ja hälyttää ja pysäyttää laitteiston.
- Paine-lähettimet PT1 ja PT2 vahtivat lauhde- ja höyrystinpiirin painetta ja hälyttävät yli- tai alipaineesta verkostossa.
- Jäätymissuoja on jatkuvasti aktiivinen, ja sen hälyttäessä höyrystinverkoston pumppu käynnistyy. Jäätymissuoja perustuu höyrystimestä lähtevän liuoksen TE2 lämpötilaan.

Väestönsuojassa laitteiston ohjaukseen ei liitetty minkäänlaista hälytyskeskusta tai valvomoa. Kaikki laitteistoon liittyvät toimenpiteet on tehtävä paikalla ja hälytykset kuitattava laitteelta manuaalisesti.

6.3 Huoltotoiminnot

Ohjauspaneelin valikosta saa huolto-osion, josta näkee pumppujen ja kompressorien käyttötunnit ja kompressorien käynnistymiskerrat. Näille asetetaan raja-arvot, joiden ylityessä laite antaa huoltohälytyksen. Samassa valikossa on myös huoltokytkimet, joiden avulla voidaan kokeilla laitteen eri komponenttien toimintaa ilman muun laitteen käynnistämistä.

6.4 Kylmäainevuodon valvonta

Vedenjäähdytyskoneessa on sisäänrakennettu kylmäainevuodon valvontajärjestelmä, joka tekee hälytyksen havaitessaan kylmäainepitoisuuden laskevan. Järjestelmä lisää laitteen ympäristöstävällisyyttä ja pitää laitteen hyötysuhteen korkealla tasolla. Vaikka nykyiset HFC-kylmäaineet eivät aiheuta otsonikatoa, ne lisäävät kuitenkin kasvihuoneilmiötä.

7 Lakien ja määräysten vaikutus väestönsuojatyömaalla

7.1 Tiedonantovelvollisuus

Harmaan talouden torjuntaan liittyvä rakentamisen tiedonantovelvollisuus astui voimaan työmaan ollessa käynnissä (11). Käytännössä tästä seurasi, että jokainen työntekijä piti lisätä työmaarekisteriin. Aliurakoitsijoille toimitettiin työmaa-avain, jolla he pystyivät lisäämään yrityksensä työmaalle. Aliurakoitsijoina käytettiin ainoastaan Helsingin kaupungin puitesopimuskumppaneita.

Jokaiselle uudelle työntekijälle pidettiin perehdytys, jonka yhteydessä otettiin talteen veronumero ja tarkistettiin henkilökortti ja tarvittavat työturvallisuus ynnä muut kortit. Työmaalla pidettiin rekisteriä työntekijöistä, jotka milloinkin olivat kohteessa töissä.

Talotekniikkayksikkömme toimiessa työmaalla aliurakoitsijana toimitimme tiedot omista työntekijöistämme pääurakoitsijalle. Käyttäessämme aliurakoitsijoita annoimme heille työmaa-avaimen ja keräsimme tarvittavat tiedot työntekijöistä pääurakoitsijalle.

7.2 Työturvallisuus

Kohteessa noudatettiin työturvallisuuslakia ja Valtioneuvoston asetusta rakennustyön turvallisuudesta (12; 13). Työmaalla pidettiin viikoittaisia TR-mittauksia, joissa arvioitiin työmaalla työskentelyä, käytettyjä koneita ja laitteita, putoamissuojausta, sähköä ja valaistusta sekä yleistä järjestystä. TR-mittauksessa merkitään tukkimiehenkirjanpidolla eri turvallisuuden aihealueiden oikein/väärin havainnot. Mittauksen taso saadaan jakamalla oikein olleiden tulosten määrä oikein ja väärin menneiden summalla ja kertomalla tulos sadalla.

TR-mittausten turvallisuustaso oli koko työmaan ajan 93 ja 98 prosentin välillä. Pakollisia suojavarusteita työmaa-alueella olivat kypärä, suojaliivit, suojalasit, kuulosuojaimet ja turvakengät. Lisäksi oli käytettävä työtehtävän vaatimia lisävarusteita. Työmaan aikana ei sattunut vakavia tapaturmia; muutamia pienempiä sattui ja jokusia läheltä piti tilanteita. STARA:lla on oma työsuojelupakki, johon kirjataan kaikki tapaturmat ja läheltä piti tilanteet. Työsuojelupakki oli käytössä työmaan ajan, ja sinne tekivät merkintöjä työntekijät

ja esimies yhdessä. Samalla käytiin läpi, miten jatkossa vältetään vastaavilta onnettomuuksilta.

7.3 Rakentamis- ja kunnostamisvelvollisuus

Väestönsuojien rakentamis- ja kunnostamisvelvollisuus on kirjattu pelastuslakiin. (1.) Pelastuslain momentti 74 §

Väestönsuojan lämpötilan, ilmanlaadun ja hygieenisen varustetason tulee olla tilan käyttötarkoitus huomioon ottaen riittävä.

Pelastuslaki velvoitti pelastuslaitoksen ryhtymään Niemenmäen väestönsuojan korjaus- ja kunnostustöihin. Pelastuslaki ja asetukset antoivat pääsuunnan, joiden perusteella muutostyöt suunniteltiin.

7.4 Valtioneuvoston asetus väestönsuojan laitteista ja varusteista

Asennettaville laitteille asetetaan vaatimukset asetuksessa 409/2011. Asetus antaa tarkat vaatimukset laitteille. Tämä vaikutti suuresti väestönsuojatyömaalle tilattaviin laitteisiin. Lisäksi laitteille, kuten vedenjäähdytyskone, piti suunnitella ratkaisut, joilla ne täyttävät asetuksen vaatimukset. (2.) Tästä esimerkkinä on tärähdyskuormituksen kestäminen, jonka saavuttamiseksi valmistettiin jousitettu riippuva kehikko.

Asetus määrää myös laitteiden merkinnöistä ja huoltomateriaaleista, jotka on oltava kohteessa. Näihin joutui keskittymään paljon tarkemmin kuin normaalissa käytössä olevissa rakennuksissa. Asennettaville laitteille vaaditaan myös kolmenkymmenen vuoden käyttöikää, mitä nykyaikana teknisille laitteille lähes mahdotonta saada. Kaikki laitteet ja kojeet hyväksyttiin suunnittelijalla ja tilaajalla sekä panostettiin mahdollisimman hyvään laatuun.

7.5 Rakennustyön vaatimukset

Väestönsuojan töissä noudatettiin normaaleja rakentamista koskevia lakeja, asetuksia ja viranomais määräyksiä. Näitä olivat maankäyttö- ja rakennuslaki, työturvallisuuslaki, maankäyttö- ja rakennusasetus sekä Suomen rakentamismääräyskokoelma. Lisäksi noudatettiin valvontaviranomaisen asettamia vaatimuksia.

8 Rakennusvaiheiden yhteensovittaminen työmaalla

8.1 Lähtökohta

Niemenmäen väestönsuojan työmaalla tilaajana oli Helsingin pelastuslaitos, ja pääura-koitsijana oli STARA Korjausrakentaminen, jonka aliurakoitsijana yksikköni STARA Talotekniikka toimi työmaalla. Edellisten lisäksi suurimpia toimijoita työmaalla olivat sähköurakoitsija, valu-urakoitsija ja STARAn metalliosasto.

STARA talotekniikkayksiköllä aliurakoitsijoita oli kaksi työmaan aikana: eristysurakoitsija ja automaatiourakoitsija. Eristysurakoitsijaa käytimme varavoimakonehuoneen jäähdytysputkitusten eristysten tekoon. Automaatiourakoitsija toimitti varavoimakoneen jäähdytystä ohjaavan Siemens Acvatix-venttiilimoottorin ja Siemens Synco-automaation ohjausyksikön ja ohjelmoi sen.

8.2 Aikataulu

Väestönsuojan työmaan aloituskokous pidettiin 6.12.2013. Työmaan kestoksi oli aikataulutettu kahdeksan kuukautta ja alkuperäiseksi valmistumispäivämääräksi oli asetettu 15.8.2014. Työvaiheiden kestot elivät aikataulun sisällä, mutta yleisaikataulussa pysyttiin heinäkuuhun asti. Työmaan valmistumista jouduttiin siirtämään kahteen kertaan valutöiden viivästyessä ja muiden töiden jäädessä sen vuoksi jälkeen aikataulusta.

Luovutus siirtyi lopulta 22.9.2014 asti, tähän mennessä työmaa saatiin luovutettavaan kuntoon. Työmaan aikataulun tiukkuudesta kertoo, että jäähdytysjärjestelmän koekäyttö

oli luovutusta edeltävänä työpäivänä ja käytönopastus luovutuksen jälkeisenä työpäivänä. Tilaaja oli ymmärtäväinen valmistumisen lykkääntymisestä alkuperäisestä suunnitelmasta, eikä sen ansiosta tullut seuraamuksia.

8.3 Työvaiheet

8.3.1 Työvaiheiden jako

Työvaiheet voi jakaa viiteen pääosioon:

- Purkutyöt
- Paineseinä-alueen valutyöt
- Jäähdytys- ja nesteenjäähdytysverkon asennus
- Vedenjäähdytyskoneen asennus
- Nesteenjäähdytinkammion asennustyöt

Edellä mainittujen työvaiheiden lisäksi kohteessa suoritettiin useita pienempiä työsuorituksia kuten automaatiotyöt, sähköasennukset ja paineovien korjaustyöt.

8.3.2 Purkutyöt

Purkutyöt olivat kohteessa laajamittaiset, ne oli jaettu neljään osaan ja jatkuivat kolme kuukautta väestönsuojan eri osissa. Purkutyöt aloitettiin vanhasta jäähdytysjärjestelmästä, jonka jälkeen pääsimme asentamaan uusia jäähdytyksen ja lauhdutuksen runkoputkistoja.

Suurin purkutyövaihe oli väestönsuojan paineseinien alueella, jossa entinen lattialaatta purettiin ja louhittiin kanaalit nesteenjäähdytysputkistoja varten. Paineseinien ulkopuolelle raitisilmatunneliin rakennettavalle nesteenjäähdytinkammion jouduttiin louhimaan lisää tilaa kallioon. Tämän jälkeen kallioseinät vahvistettiin ja ruiskubetonoitiin.

Purkutöiden kanssa Talotekniikkayksiköllämme eivät työvaiheet häiriintynyt toisistaan työmaan aikana. Vanhan jäähdytysjärjestelmän purku sujui aikataulussa ja käytimme

sen ajan hyödyksi tilaamalla laitteita, joiden toimitusajat olivat pitkiä. Hyötynä väestön-suojassa työskentelystä oli, että varastointitilaa työmaalla riitti kerrankin. Kun purkutyöt siirtyivät paineseinäalueelle, pääsimme tekemään jäähdytysjärjestelmän asennustöitä.

8.3.3 Valutyöt

Paineseinien alueella nesteenjäähdytysputket suunniteltiin asennettavaksi lattiaavalun alle putkikanaaliin. Alkuperäisissä suunnitelmissa nesteenjäähdytyksen kaksi menoputkea ja kaksi paluuputkea oli suunniteltu kulkevan rinnakkain paineseinäalueen läpi kanaalissa. Tilanpuutteen vuoksi jouduttiin putkiin tekemään heittoja, jotta ne saatiin kulkemaan kaksi rinnan ja kaksi päällekkäin (kuva 6).

Tässä työvaiheessa syntyi päällekkäisyyksiä valutöiden kanssa, jotka pääurakoitsija halusi tehdä mahdollisimman pitkälle aikaisessa vaiheessa. Tästä seurasi, että putkikanaali jätettiin ainoastaan auki valussa. Seurauksena oli hankaluuksia putkistojen asennuksissa, kun tila hitsata putkistoja kävi pieneksi. Kuvasta 6 näkyy, miten haastavia putkistojen viennit paineseinäalueella olivat. Putkenosien yhteensovittaminen ja mitoitus veivät paljon aikaa.



Kuva 6. Nestejäähdytysputkien paineseinän läpivienti

Työmaan loppuvaiheessa, kun luovutukseen oli aikaa enää kuukausi, ongelmaksi muodostui ruiskubetonointi. Nesteenjähdytyskammion seinien ruiskubetonointi jäi jälkeen aikataulusta, ja siinä vaiheessa talotekniset asennukset olivat enää kesken samalla alueella työmaata. Tästä johtuen työmaan kaikki edistyminen pysähtyi valutöiden loppuunsaattamisen ajaksi. Kuten yleensä, LVI-asennukset tapahtuvat aina työvaiheista viimeisimpinä, mikä asetti työmaan loppuaikataulun tiukaksi.

8.3.4 Jähdytys- ja nesteenjähdytysverkoston asennus

Jähdytys- ja nesteenjähdytysputkistojen asentaminen oli Talotekniikkayksiköllemme eniten aikaa vievä työvaihe. Putkistoja asennettiin yhteensä 360 metriä, kaikki liitokset tehtiin hitsaamalla. Pääsimme suorittamaan asennuksia aikataulussa, mutta suunnitelmiin tehdyt muutokset ja asennusten loppuvaiheessa paineseinätilassa jouduimme valutöiden viivästyessä pysäyttämään asennustyöt. Putkistojen asennuksessa haasteita aiheutti myös väestönsuojan portaikko, jonka katossa putkilinjat vietiin suojatiloista nesteenjähdytyspattereille. Portaikko oli kaksikymmentä metriä pitkä ja työturvallisuuden kannalta huono työskentelypaikka.

8.3.5 Vedenjähdytyskoneen asennus

Chiller:n vedenjähdytyskoneen asennus aiheutti paljon ongelmia työmaalla. Alkuperäisissä suunnitelmissa se piti asentaa jousitetun kehikon päälle tärähdyksenkestävyyden takia. Ongelmaksi ratkaisussa muodostui epävakaus; vedenjähdytyskonetta ei voitu tukea ylhäältä mihinkään, jotta sivuttaisen tärähdyksen sieto olisi säilynyt ja ilman tukia oli riskinä laitteen kaatuminen.

Lopulta päädyttiin ratkaisuun, jossa vedenjähdytyskone nostetaan metalliseen jousitettuun kehikkoon, joka roikkuu väestönsuojan katosta (kuva 7). Tämäkään ratkaisu ei ollut helppo toteuttaa, sillä vedenjähdytyskone painaa käyttökunnossa 1070 kiloa. Lisäksi vedenjähdytyskoneen putkiliitokset ovat laitteen yläosassa, ja jouduimme tekemään putkimuutoksia kun jouset ja katosta tulevat kehikon tukivarret olivat asennusten tiellä.



Kuva 7. Vedenjäähdytyskone katosta riippuvassa kehikossa.

Jäähdytys- ja nesteenjäähdytysputkistoihin (kuva 7) jouduttiin tekemään muutoksia kattoon kiinnitetyn kehikon takia. Kuvassa näkyvät myös joustoliittimet, joilla putkistot liitettiin laitteeseen. Ne mahdollistavat vedenjäähdytyskoneen liikkua pitkittäis-, sivuttais- ja syvyys suunnassa, näin saavutetaan tärähdyksen kestävyys laitteistolle.

8.3.6 Nesteenjäähdytyskammion asennustyöt

Kuten edellä mainittua, betonointitöiden viivästymisen takia työvaiheet nesteenjäähdytyskammiossa jäivät viime tippaan. Kammion ahtaat tilat olivat suuri haaste, kun sinne piti saada mahtumaan kaksi nesteenjäähdytyspatteria ja puhaltimet. Järjestelmän koekäytön aika oli jo lyöty lukkoon, ja asennukset piti saada siihen mennessä täydellisesti valmiiksi ja nesteenjäähdytysjärjestelmä täyttää glykolilla. Glykolia järjestelmään pumpattiin yhteensä 1 800 litraa.

Nesteenjäähdytyskammioista lähtevän poistoilmakanavan valmisti ja asensi STARAn metalliosasto. Kanavan halkaisija on 820 millimetriä, ja sen asentaminen poistoilmakuiluun asti oli vaativa työ.

9 Jäähdytysjärjestelmän koekäyttö

Niemenmäen väestönsuojan koekäyttö järjestettiin 19.9.2014. Paikalla olivat kaikki urakoitsijat, tilaajan edustaja, käyttäjän edustaja sekä LVI-suunnittelija. Chiller oli lähettänyt oman edustajansa, joka teki vedenjäähdytyskoneen käyttöönoton. Järjestelmät ja asennukset käytiin läpi, minkä jälkeen aloitettiin koekäyttö. Järjestelmä toimi kuten oli suunniteltu: varavoimakoneen vaipan jäähdytystä säätelevä moottoriventtiili avautui sitä mukaa kun jäädytysveden paluulämpötila nousi.

Vedenjäähdytyskoneen parametreja säädettiin, ja jäähdytys toimi, kuten oli suunniteltu. Vedenjäähdytyskoneen käyttöönotosta tehtiin pöytäkirja. Samalla kun jäähdytysjärjestelmä oli koekäytössä, tehtiin verkoston säätö. Järjestelmän runkoputkissa nesteenjäähdytys- ja jäähdytyspuolella on säätöventtiilit ja jokaisella jäähdytyksen pääteyksiköllä omansa. Koekäytön aikana mitattiin poistoilmakanavasta ilmamäärä, joka oli 12,3 m³/s ja ylitti suunnitellun ilmamäärän 9,0 m³/s. Tämän todettiin olevan hyvä asia, jos järjestelmää laajennetaan tulevaisuudessa.

Lisäksi järjestettiin väestönsuojan käyttäjille käytönopastus järjestelmiin. Käyttäjänä on Helsingin pelastuslaitoksen henkilökuntaa, jotka koekäyttävät järjestelmiä kerran kuu-kaudessa.

10 Mittaus ja säätö

10.1 Virtaamien säätö

Nestevirtaamat verkostoissa säädettiin laitteiston koekäytön yhteydessä. Halutut virtaamat säädettiin järjestelmän runkoputkisiin, joihin oli asennettu Vexven valmistamat linjasäätöventtiilit. Lisäksi jokaisella kattoon asennetulla jäähdytyksen pääteyksiköllä oli omat säätöventtiilinsä, joilla saavutettiin haluttu virtaama jokaiselle päätelaitteelle ja tasapaino järjestelmään.

Lisäksi koekäytön aikana mitattiin ilmavirta poistoilmakanavasta, jotta saatiin selville, onko ilmavirta nesteenjäähdytyspattereilla suunnitelmien mukainen.

Mittaukset suoritettiin kalibroiduilla mittalaitteilla ja mittauksista tehtiin pöytäkirjat, jotka hyväksyttiin LVI-suunnittelijalla ja liitettiin luovutusasiakirjoihin.

10.2 Paine- ja tiiveyskokeet

Asennetuissa putkistoissa suoritettiin paine- ja tiiveyskokeet vedellä 6 bar:n paineella. Koepaineistus suoritettiin nesteenjäähdytysverkostossa osissa, sillä paineseinien alueella asennukset jäivät lattiavalun alle putkitunneliin. Kun verkosto oli saatu asennettua nesteenjäähdytyspattereille asti, tehtiin koepaineistus vielä kokonaisuudessaan verkostolle. Paine- ja tiiveyskokeista tehtiin pöytäkirjat, ja LVI-suunnittelija oli aina mukana toteamassa tulosten oikeellisuuden ja kuittasi pöytäkirjat, jotka liitettiin luovutusasiakirjoihin.

11 Suunnitelma väestönsuojatyömaalle

11.1 Aikataulutus ja työvaiheiden yhteensovittaminen

Aikataulutuksen merkitystä ei voi väheksyä, vaikka siitä aina puhutaan. Suurimmat ongelmat seuraavat yleensä, kun aikataulu alkaa pettää. Väestönsuojatyömaan aikataulutuksessa on tärkeää käydä läpi kaikkien työmaalla toimivien osapuolien kanssa työmaan

alueet, joissa on tarkoitus toimia samanaikaisesti. Yhteistyössä muiden urakoitsijoiden kanssa laaditussa aikataulussa voidaan päällekkäiset työsuoritukset samassa kohteessa saada mahdollisimman vähäisiksi. Näin varmistetaan, että kaikilla osapuolilla on tarvittava aika suorittaa omat työnsä ilman muiden osapuolten työvaiheiden häiriintymistä.

LVI-töiden osalta on tärkeää, että aikataulussa on jätetty tarpeeksi varaa järjestelmien koekäyttöille ja säädöille. Suurten järjestelmien säätö vaatii aina aikaa, ja sitä ei voi suorittaa ennen kuin järjestelmä on kokonaisuudessaan asennettu ja toimintakunnossa. Usein LVI-asennuksia jää rakenteiden alle piiloon, ja näissä tapauksissa pitää rakennusurakoitsijan kanssa olla hyvä aikataulut. Mutta rakennusurakoitsijan paineesta huolimatta on otettava huomioon, että peittyvät asennukset pitää tarkastaa ja suorittaa painekokeet ennen asennusten peittämistä.

Aikataulun päivittäminen tarvittavan usein on tärkeää. Päivitys on hyvä tehdä työmaakouksessa, jolloin osapuolet ovat paikalla ja voidaan keskustella aikataulun muutosten vaikutuksista. Jos aikataulua ei päivitetä, alkavat viivästykset kasautua työmaan loppua kohden ja johtavat suurempiin ongelmiin.

11.2 Suunnitelmat

Työkohteeseen liittyvät suunnitelmat pitää käydä tarkasti läpi. Vaikka tarjous annetaankin vain LVI-töiden osalta, on myös rakennustyöselostuksen läpi käyminen tärkeää. Rakennustyöselostuksessa sivutaan monesti LVI-töitä, ja kun on tietoinen rakennustyövaiheista, on helpompi aikatauluttaa omat työvaiheet. Päällekkäisistä työvaiheista pääsee selvyyteen helpommin rakennustyöselostuksen kautta.

Korjausrakentamisessa suunnitelmiin tulee yleensä aina rakennusvaiheen aikana muutoksia. Kaikki muutokset pitää hyväksyttää suunnittelijalla ja tehdä punakynäversiot kuviin, jotta ne saadaan lopullisiin piirustuksiin.

11.3 Laitehankinnat

Väestönsuojaan asennettavien laitteiden vaatimukset ovat tiukemmat kuin normaalissa rakennuksessa. Laitteita hankittaessa pitää varmistua niiden soveltuvuudesta, ja mitään ei pidä tilata ilman suunnittelijan hyväksyntää. Tiukkojen vaatimusten vuoksi laitteet ovat usein erityisvalmisteisia ja tehdään mittatilauksena, joten toimitusajat ovat pidempiä. Toimitusaikojen pituudet kannattaa ottaa huomioon työmaan yleisaikataulussa tai jaksottaa laitehankinnat aikataulun mukaan. Jos mahdollista, kannattaa väestönsuojan tiloja käyttää hyväksi laitteiden varastoinnissa. Näin tavarat voidaan tilata hyvissä ajoin ja toimittaa kohteeseen, missä ne ovat valmiina asennettaviksi. Asennus voidaan suorittaa heti kun on siihen soveltuva työvaihe. Näin vältetään työmaan pysähdyksiltä mahdollisimman hyvin.

Asennettavista laitteista ja järjestelmistä pitää saada tarkat tiedot ja huolto-ohjeet, jotka kannattaa pyytää laitetoimittajalta jo tilausvaiheessa. Tiedot konekortteja ja huoltokirjaa varten pitää kasata sitä mukaa kun laitteita toimitetaan, tietojen kasaaminen on helpompaa laite kerrallaan kuin jokaista laitetta koskevan tiedon etsiminen työmaan loppuvaiheessa.

11.4 Tiedonkulku urakoitsijoiden välillä

Nopea tiedonkulku on työmaan sujuvuuden kannalta ehdotonta. LVI-töissä on tärkeimpänä kolmikanta: pääurakoitsija, suunnittelija ja LVI-urakoitsija. Pääurakoitsijan on oltava selvillä kaikesta työmaalla tapahtuvasta aina. Suunnittelijan ja LVI-urakoitsijan välillä on oltava hyvä yhteys, liittyen laitteisiin ja asennuksiin. Muutaman päivän katkos tiedonkulussa voi johtaa myöhästymiseen suunnitellusta aikataulusta. Työmaakokouksissa on tärkeää ilmoittaa mahdollisista poissaoloista ja lomista, sekä antaa sijaistavan henkilön yhteystiedot.

Pääurakoitsijalla on yleensä aina työnjohtaja paikalla työmaalla, joten hänen kauttaan pysyy selvillä työmaan tilanteesta. Yleisesti kaikista työmaahan liittyvistä asioista kannattaa informoida pääurakoitsijaa, mieluummin kirjallisesti esimerkiksi sähköpostilla. Näin vältetään väärinkäsityksiltä ja jälkipuheilta. Yhteisistä toimenpiteistä, kuten koekäytöstä on neuvoteltava pääurakoitsijan kanssa. Tämän jälkeen on sovittava muiden osapuolien kanssa, joiden läsnäolo on tarpeellista.

12 Yhteenveto

12.1 Opinnäytetyön kulku

Opinnäytetyössä tarkasteltiin väestönsuojia koskevaa lainsäädäntöä ja määräyksiä ja niiden erityispiirteitä sekä sitä, miten ne vaikuttivat LVI-töihin kohteessa Niemenmäen kalliosuoja. Tarkastelun pääpaino asetettiin väestönsuojan jäähdytysjärjestelmän tarkastelemiseen. Tavoitteena oli tuottaa yleismallinen ohjeistus, jonka avulla vastaavanlaisen työkohteen asettamiin haasteisiin on helpompi vastata ja helpottaa työmaan läpi saattamista. Ohjeistuksen avulla voidaan valmistautua väestönsuojissa suoritettaviin projekteihin ennen työmaan alkamista.

12.2 Niemenmäen työmaan loppuselvitys

Työkohteena Niemenmäen kalliosuoja oli suuri talotekniikkayksiköllemme ja vei paljon voimavaroja koko työmaan ajan. Asentajia kohteessa oli töissä kaksi koko työmaan ajan ja enimmillään kuusi asentajaa työmaan loppuvaiheessa. Työmaan suorittivat alusta loppuun samat asentajat, mikä oli erittäin tärkeää töiden onnistumisen kannalta. Lomat sovittiin niin, ettei työmaalle joudu pelkästään uusia työntekijöitä. Työnjohdolle väestönsuojatyömaa oli myös haastava ja vaati paljon työtunteja. Yksikössämme on vain kaksi työnjohtajaa, joten ei ollut mahdollista valvoa työmaata paikanpäällä. Tästä johtuen hyvä kommunikointi kohteessa olevien asentajien kanssa, ja heidän oma-aloitteellisuutensa työvaiheisiin ja niissä ilmenneisiin ongelmiin sekä esimerkiksi tarviketilausten tekemiseen, oli tärkeässä roolissa urakan onnistumisen kannalta.

Työmaan loppuselvitystä voi pitää kaksijakoisena: toisaalta työmaa saatiin valmiiksi loppuaikataulun puitteissa ja kaikki asennetut järjestelmät toimivat suunnitellusti. Taloudellisesti työmaa oli onnistunut, mutta toisaalta monissa yksityiskohdissa huomattiin parannettavaa työmaan aikana. Näistä esimerkkeinä kommunikointi tilaajan, suunnittelijan ja pääurakoitsijan kanssa, tästä opin itse eniten. Ongelmia tiedonkulussa aiheutti LVI-suunnittelijan vaikea tavoitettavuus, ja sitä kautta työmaan jatkuvan sujuvuuden katkonaisuus. Lisäksi tilaaja vaati kaiken yhteydenpidon kulkevan pääurakoitsijan kautta, mikä mielestäni teki toiminnasta välillä jäykkää ja myös aikaa vievää. Laitehankintoihin vaikuttava lainsäädäntö ja erityisvaatimukset lisäsivät työmäärää kohteen materiaalihankin-

noissa huomattavasti. Lisäksi alkuperäisissä suunnitelmissa olleita jäähdytyksen pääte-laitteita ei enää valmistettu, joten aikaa kului etsiessä korvaavia tuotteita ja hyväksyttä-essä niitä LVI-suunnittelijalla.

Asennusten laatu vastasi vaatimuksia ja saimme siitä tilaajalta vielä erityiskiitosta. Asen-nustöissä kohteessa oli aina vähintään yksi kokenut asentaja, jonka ammattiosaaminen vastasi töiden vaativuutta. Itse pidin Niemenmäen työmaata loistavana oppimisproses-sina, sillä olin juuri tullut STARAlle töihin kun pääsin mukaan projektin hoitamiseen.

Lähteet

- 1 Pelastuslaki 379/29.04.2011
- 2 Valtioneuvoston asetus väestönsuojan laitteista ja varusteista 409/05.05.2011
- 3 Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/10.05.2011
- 4 Sisäasiainministeriön asetus S1-, S3- ja S6-luokan kalliosuojista sekä S3-luokan teräsbetonisesta väestönsuojasta 1384/20.12.2006
- 5 Niemenmäen kalliosuoja, jäähdytysjärjestelmän uusiminen, LVI-työselvitys 28.6.2013
- 6 Niemenmäen väestönsuojan jäähdytyslaitteiden korjauksen tilaaminen, pöytäkirja, Pelastuslautakunta 26.11.2013 Verkkodokumentti. http://www.hel.fi/static/public/hela/Pelastuslautakunta/Suomi/Paatos/2013/Pel_2013-11-26_PELK_13_Pk/89DEBEBE-768A-40DE-B213-0AE3DE899B3A/Niemenmaen_vaestonsuojan_jaahdytyslaitteiden_korjauksen_.pdf Luettu 15.8.2014.
- 7 Laki pelastustoimen laitteista 10/12.01.2007
- 8 Helsingin pelastuslaitoksen kotisivu <http://www.hel.fi/hki/Pela/fi/Etusivu> Luettu 27.9.2014
- 9 STARA:n kotisivu: <http://www.hel.fi/www/stara/fi/staran-esittely/>
- 10 Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta. 205/26.03.2009
- 11 Verohallinnon päätös rakentamiseen liittyvästä tiedonantovelvollisuudesta 131/14.02.2014
- 12 Työturvallisuuslaki 738/23.08.2002
- 13 Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/26.03.2009
- 14 Niemenmäen kalliosuoja, rakennustyöselostus 28.6.2013

Liite 1. Väestönsuojaprojektin muistilista**Aihe****Huomioitavaa****Muuta**

Suunnitelmat	<ul style="list-style-type: none"> • työselostusten läpikäynti • LVI- ja rakennustyöselostus 	<ul style="list-style-type: none"> • päällekkäiset työvaiheet • erityistarvikkeet ja -laitteet • suunnitelmamuutokset
Aikataulu	<ul style="list-style-type: none"> • oman työn aikataulutus • muut urakoitsijat • risteävät työvaiheet 	<ul style="list-style-type: none"> • aikataulun päivittäminen • työvaiheiden keskon realistinen arviointi • pelivara
Laite- ja materiaalihankinnat	<ul style="list-style-type: none"> • lakien ja määräysten täyttyminen • toimitusajat • erityisvalmisteiset laitteet ja tarvikkeet 	<ul style="list-style-type: none"> • varastointi työmaalla • mittatilausosat • toimitusajat
Tiedonkulku	<ul style="list-style-type: none"> • tilaaja • pääurakoitsija • suunnittelija • muut urakoitsijat 	<ul style="list-style-type: none"> • asennusten hyväksyttäminen • mittauspöytäkirjojen hyväksyttäminen • risteävät työvaiheet • muutokset suunnitelmiin • käytönopastus